

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-188139

(43) Date of publication of application : 10.07.2001

(51) Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/293

(21) Application number : 11-372439

(71) Applicant : MINOLTA CO LTD

(22) Date of filing : 28.12.1999

(72) Inventor : TAKADA TAMA

HATANO TAKUJI

YOKOYAMA HIKARI

TERAMOTO MIYUKI

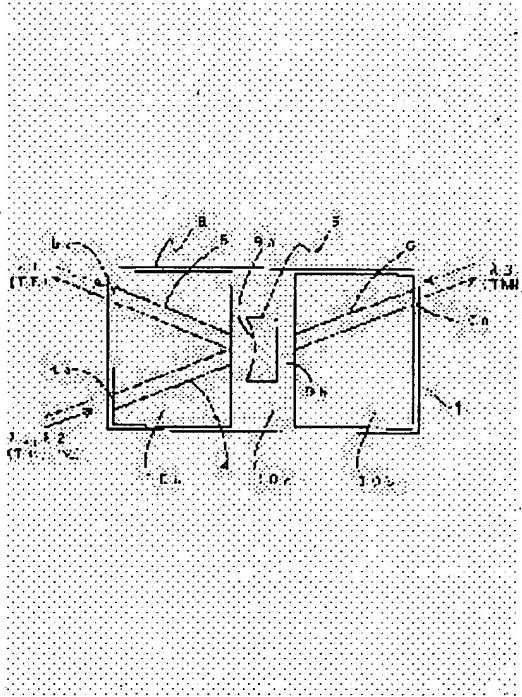
SEKINE KOJIRO

## (54) OPTICAL MODULE

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical module reducing man-hours, improving yields and simultaneously improving the utilization factor of the light.

**SOLUTION:** A photonic crystal 9 forming a periodic structure composed of plural media with respectively different refractive indexes is provided. Incident light comprising multiplexed light with plural wavelengths or polarization directions is made incident on the photonic crystal 9 through an optical waveguide 4 and is divided into reflected light reflected with a recessing reflection plane 9a and transmitted light passing through the photonic crystal 9 so as to be taken out from output terminals 5a, 6a of optical waveguides 5, 6 respectively.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-188139

(P2001-188139A)

(43)公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51)Int.Cl.  
G 0 2 B 6/12  
6/293

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12  
6/28

テ-マコト(参考)  
F 2 H 0 4 7  
Z  
C

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願平11-372439

(22)出願日 平成11年12月28日 (1999.12.28)

(71)出願人 000006079  
ミノルタ株式会社  
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号  
大阪国際ビル  
(72)発明者 高田 球  
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内  
(72)発明者 波多野 卓史  
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内  
(74)代理人 100085501  
弁理士 佐野 静夫

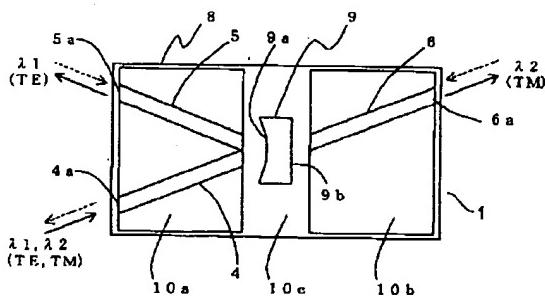
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光モジュール

(57)【要約】

【課題】工数削減及び歩留り向上を図るとともに、光の利用効率の向上を図ることのできる光モジュールを提供する。

【解決手段】屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成すフォトニック結晶9を備え、複数の波長または偏光方向の光が多重化された入射光を光導波路4からフォトニック結晶9に入射し、凹面の反射面9aにより反射する反射光とフォトニック結晶9を透過する透過光とに分離して光導波路5、6の出力端子5a、6aから取り出すことができるようとした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成すフォトニック結晶を備え、前記フォトニック結晶に入射する入射光を凹面の反射面で反射する反射光と、前記フォトニック結晶を透過する透過光とに分離することを特徴とする光モジュール。

【請求項2】 屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成すフォトニック結晶を備え、前記フォトニック結晶の凹面の反射面で反射する反射光と、前記フォトニック結晶を透過する透過光とを合成することを特徴とする光モジュール。

【請求項3】 前記フォトニック結晶を反射する光と透過する光の波長が異なることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光モジュール。

【請求項4】 前記フォトニック結晶を反射する光と透過する光の偏光方向が異なることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の光モジュール。

【請求項5】 前記フォトニック結晶は、柱状に形成される前記媒質を配列した2次元状の周期構造から成ることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれかに記載の光モジュール。

【請求項6】 前記反射面をトーリック面またはシリンドリカル面にしたことを特徴とする請求項1～請求項5のいずれかに記載の光モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信や光制御等に用いられて、光信号を分波する光分波器や光信号を合波する光合波器等の光モジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信や光制御に用いられる光モジュールは、例えば波長の異なる2つの光を多重化して送信される光信号をフィルターにより一方の波長の光を反射し、他方の波長の光を透過して分波するようになっている。従来の分波を行う光モジュールを図7に示すと、光モジュール1は基板8上に光導波路4、5、6が形成されている。光導波路4、5、6はクラッド10a、10bで覆われている。

【0003】クラッド10a、10bの間にはスリット10cが形成され、スリット10c内に誘電体薄膜を積層した誘電体多層膜フィルタ3が配されている。光導波路4の入力端子4aに入力される入力信号が、例えば1.3μmと1.5μmの波長の光が多重化されている場合には、誘電体多層膜フィルタ3は波長が1.5μm以上の光に対して反射率が100%で、波長が1.5μm未満の光に対しては透過率が100%になるように設計される。

【0004】そして、入力端子4aから入力信号が入力され、波長が1.3μmの光がフィルター3を透過して出力端子6aから取出され、波長が1.5μmの光がフ

ィルター3で反射して出力端子5aから取出されるようになっている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来の光モジュール1によると、誘電体多層膜フィルタ3が数十層の薄膜を積層して形成される。従って、量産性が悪く工数がかかるため、コストが増大する問題がある。また、各積層膜の膜厚の誤差や多層膜全体の膜厚の誤差により反射率や透過率が最大となる波長が設計値に対してもずれ、歩留りを低減させる問題もある。

【0006】更に、基板8上に形成される光導波路4、5、6に対して誘電体多層膜フィルタ3を所定の位置に配する必要があるが、数十μmの幅のスリット10cに、數μmの厚みの誘電体多層膜フィルタ3を配置し、光導波路4および光導波路5に対して高精度に位置決めするため、組立ての工数がかかる問題がある。

【0007】また、光導波路4から射出された光をそのまま反射、透過に分離すると、光導波路から出た光が広がりを持っているため、再度光導波路に入射させる際に光のケラレが生じて光の利用効率が低下するという問題がある。

【0008】本発明は、工数削減及び歩留り向上を図るとともに、光の利用効率の向上を図ることのできる光モジュールを提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載された発明は、屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成すフォトニック結晶を備え、前記フォトニック結晶に入射する入射光を凹面の反射面で反射する反射光と、前記フォトニック結晶を透過する透過光とに分離することを特徴としている。この構成によると、光導波路や光ファイバーから射出された光は広がりながらフォトニック結晶に入射し、凹面の反射面で広がりを狭めるように反射する。

【0010】また請求項2に記載された発明は、屈折率の異なる複数の媒質を有した周期構造を成すフォトニック結晶を備え、前記フォトニック結晶の凹面の反射面で反射する反射光と、前記フォトニック結晶を透過する透過光とを合成することを特徴としている。

【0011】また請求項3に記載された発明は、請求項1または請求項2に記載された光モジュールにおいて、前記フォトニック結晶を反射する光と透過する光の波長が異なることを特徴としている。この構成によると、複数の波長の光が多重化された入射光がフォトニック結晶に入射し、一の波長の光が反射され、他の波長の光が透過される。また、一の波長の光がフォトニック結晶を反射し、他の波長の光がフォトニック結晶を透過して複数の波長の光に合成される。

【0012】また請求項4に記載された発明は、請求項1または請求項2に記載された光モジュールにおいて、

前記フォトニック結晶を反射する光と透過する光の偏光方向が異なることを特徴としている。この構成によると、フォトニック結晶に入射する入射光を異なる偏光方向の光に分離して、一の偏光方向の光が反射され、他の偏光方向の光が透過される。また、一の偏光方向の光がフォトニック結晶を反射し、他の偏光方向の光がフォトニック結晶を透過して複数の偏光方向の光に合成される。

【0013】また請求項5に記載された発明は、請求項1～請求項4のいずれかに記載された光モジュールにおいて、前記フォトニック結晶は、柱状に形成される前記媒質を配列した2次元状の周期構造から成ることを特徴としている。この構成によると、複数の異なる屈折率を有する媒質が柱状に形成されて2次元状に周期的に配列され、フォトニック結晶が形成される。

【0014】また請求項6に記載された発明は、請求項1～請求項5のいずれかに記載された光モジュールにおいて、前記反射面をトーリック面またはシリンドリカル面にしたことを特徴としている。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態を図面を参照して説明する。説明の便宜上、従来例の図7と同一の部分については同一の符号を付している。図1は第1実施形態の光モジュールを示す平面図である。光モジュール1は、基板8上にクラッド10a、10bに覆われたアルミナ等から成る光導波路4、5、6が形成されている。クラッド10a、10bの間には幅数十 $\mu\text{m}$ のスリット10cが設けられ、スリット10c内にフォトニック結晶9が配されている。

【0016】図2に示すように、フォトニック結晶9は上下面が上部クラッド11b、下部クラッド11aに覆われ、屈折率の異なる2つの媒質9c、9dが周期的に配列された2次元状の周期構造を成している。この媒質9c、9dの屈折率と配列の周期を適切に選択することにより、フォトニック結晶9に入射する光を波長または偏光方向に応じて反射光と透過光とに分離することができる。また、透過する光を波長または偏光方向に応じて異なる方向に屈折させて分離することができる。

【0017】媒質9c、9dが空孔とアルミナとから成るフォトニック結晶9は図3に示すように、アルミニウム9eを陽極酸化することにより周期的な円柱状の空孔(9c)を有する多孔質のアルミナ(9d)が形成される。これにより、基板8と一緒にフォトニック結晶9を簡単に形成することが可能となる。この時、空孔内に他の屈折率を有する媒質を充填して異なる特性を得ることができる。また、所望の基板上にシリコン等を成膜し、電子ビームで空孔形成部分をバーニングした後、エッチング等の方法により円柱状の空孔を形成することも可能である。

【0018】図4に示すように、光導波路4の入力端子

4a(図1参照)から波長λ1、λ2の光が多重化して入力されると、光導波路4の出力端4bからフォトニック結晶9に向けて射出される。フォトニック結晶9に入射される入射光の波長λ1の光は反射面9aで反射する。反射光は光導波路5の入力端5bに入射し、出力端子5a(図1参照)から波長λ1の光が取出される。

【0019】フォトニック結晶9に入射される波長λ2の光はフォトニック結晶9を透過して透過面9bから出射され、光導波路6に入射する。そして、出力端子6a(図1参照)から波長λ2の光が取出される。このようにして、波長λ1、λ2の光が多重化された入射光が分離され、分波を行うことができるようになっている。

【0020】また、光導波路4の出力端4bからフォトニック結晶9に向けて射出される光は、狭い光導波路から射出されてA1に示すように広がりを生じる。フォトニック結晶9の反射面9aを凹面にすると反射光がB1のように集束されるので、光導波路5に効率良く入射され、損失を低減することができる。

【0021】この時、光導波路4の出力端4bと光導波路5の入力端5bとが幾何光学的に共役関係になるようにフォトニック結晶9の反射面9aが形成されており、より効率良く反射光を光導波路5に取入れができるようになっている。そして、フォトニック結晶9に入射した透過光の進行方向は波長に依存して決まるため、透過光は反射面9aの形状には依存せず発散しない。従って、フォトニック結晶9の反射面9aを凹面にしても光導波路6を通る透過光に悪影響を及ぼさない。

【0022】本実施形態のように、フォトニック結晶9の反射面9aをシリンドリカル面から成る凹面により形成すると製造が容易である。また、光導波路4の出力端4bから射出される光は紙面に垂直な方向にも広がりを生じる。このため、反射面9aを紙面に垂直な方向にも曲率半径を有するように形成するとよい。

【0023】この時、光導波路4と光導波路5とは同一平面上に配されているため、反射面9aには図のように光が傾斜して入射するが、紙面に垂直な面内では反射面9aには光が傾斜せずに入射する。このため、水平面内と垂直面内とで反射光を最適に集束させる曲率半径が異なる。従って、フォトニック結晶9の反射面9aを図5に示すような直交する2方向で異なる曲率半径を有するトーリック面にすると、夫々の方向で反射光を最適に集束できるため更に効率を向上させることができる。

【0024】尚、前述の図1において、破線矢印で示すように光導波路5、6の出力端子5a、6aから、波長λ1、λ2の光をそれぞれ入力すると、波長λ1の光はフォトニック結晶9の反射面9aで反射し、波長λ2の光はフォトニック結晶9を透過する。その結果、光導波路4の入力端子4aから波長λ1、λ2の光を取り出すことができ、光モジュール1を波長の異なる光を合成する光合波器として使用することができる。

【0025】また、図1において、フォトニック結晶9の媒質9c、9dの屈折率や周期等を可変すると偏光方向による入射光の分離を行うことができる。即ち、偏光方向の異なるTEモードの光とTMモードが合成された光信号を入力端子4aから入力し、出力端子5a、6aからそれぞれTEモードの光とTMモードの光を分離して取り出すことができる。また、上記と同様に、偏光方向の異なる光を反射と透過により合成することも可能である。

【0026】図6は第2実施形態を示す光モジュール1を示す平面図である。図1の第1実施形態と同一の部分には同一の符号を付している。本実施形態は、フォトニック結晶9の媒質9c、9d(図2参照)が第1実施形態とは異なる屈折率や周期配列になっており、フォトニック結晶9を透過する光を更に波長によって異なる方向に出射できるようになっている。

【0027】光導波路4の入力端子4aから波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光が多重化して入力されると、光導波路4の出力端子4bから射出される。フォトニック結晶9に入射される入射光の波長 $\lambda_1$ の光は反射面9aで反射する。反射光は光導波路4に入射し、出力端子5aから波長 $\lambda_1$ の光が取り出される。

【0028】そして、フォトニック結晶9に入射される波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光は異なる方向に屈折してフォトニック結晶9を透過し、透過面9bから夫々光導波路6、7に入射する。そして、出力端子6a、7aから波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光が夫々取出される。このようにして、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光が多重化された入射光が分離され、分波を行うことができるようになっている。尚、フォトニック結晶9の媒質9c、9dを更に異なる屈折率や配列の周期にすることで、透過光を更に別の波長で分離することも可能である。

【0029】本実施形態においても第1実施形態と同様に、図中、破線矢印で示すように、光導波路5、6、7の出力端子5a、6a、7aから、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光をそれぞれ入力すると、波長 $\lambda_1$ の光はフォトニック結晶9の反射面9aで反射し、波長 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光はフォトニック結晶9を透過する。その結果、光導波路4の入力端子4aから波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ の光が合成された光を取り出すことができ、光モジュール1を3つの波長の異なる光を合成する光合波器として使用することができる。

【0030】尚、第1、第2実施形態において、光導波路4、5、6、7を基板8上に成膜して形成したが、光導波路に替えて光ファイバーを用いて光を導いてよい。また、フォトニック結晶の格子配列の種類について三角格子や正方格子を用いることができ、さらに他の格子配列でもよい。更に、均一な周期配列を有するフォトニック結晶の一部に周期が不均一な部分を設けてよい。このようにすると、特定波長のみを透過させること

ができるなどの特性を変えることができる。

#### 【0031】

【発明の効果】本発明によると、光を分波、合波する光モジュールにフォトニック結晶を用いることにより、波長や偏光方向等の異なる反射光と透過光とに簡単に分離または反射光と透過光を簡単に合成することができる。そして、フォトニック結晶は従来のように薄膜を多層する必要がないため工数削減及び歩留まり向上を図ることができる。更に、フォトニック結晶は基板上に一体に形成する事が可能で、従来のようにフィルタを精度良く配置する工程を必要とせず製造工数をより削減することが可能となる。

【0032】また本発明によると、フォトニック結晶を反射する光の反射面を凹面にしているので、狭い光導波路や光ファイバーの出力端からフォトニック結晶に向けて射出されて広がりを生じる光は、反射面で反射する際に集束され、出力用の光導波路に効率良く入射し、損失を低減することができる。反射面をシリンドリカル面にすると製造が容易となり工数を削減できる。また、反射面をトーリック面にすると、入射光の直交する二方向の広がりに対して集束させることができ、より損失を低減することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態の光モジュールを示す平面図である。

【図2】 本発明の第1実施形態の光モジュールのフォトニック結晶を示す斜視図である。

【図3】 本発明の第1実施形態の光モジュールのフォトニック結晶の製造方法を説明する概略図である。

【図4】 本発明の第1実施形態の光モジュールを示す要部詳細図である。

【図5】 本発明の第1実施形態の光モジュールのフォトニック結晶の形状を示す斜視図である。

【図6】 本発明の第2実施形態の光モジュールを示す平面図である。

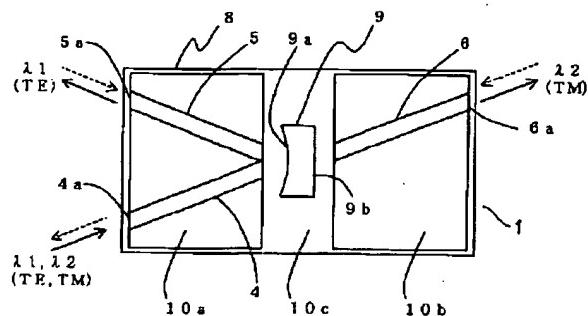
【図7】 従来の光検波器を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

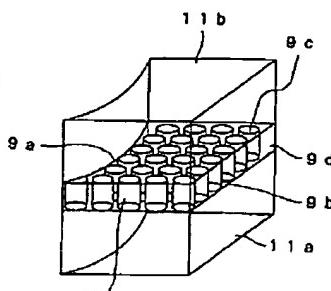
- |          |            |
|----------|------------|
| 1        | 光モジュール     |
| 4、5、6、7  | 光導波路       |
| 3        | 誘電体多層膜フィルタ |
| 4a       | 入力端子       |
| 5a、6a、7a | 出力端子       |
| 8        | 基板         |
| 9        | フォトニック結晶   |
| 9a       | 反射面        |
| 9b       | 透過面        |
| 9c、9d    | 媒質         |
| 10a、10b  | クラッド       |
| 10c      | スリット       |
| 50       | 11a 下部クラッド |

## 11b 上部クラッド

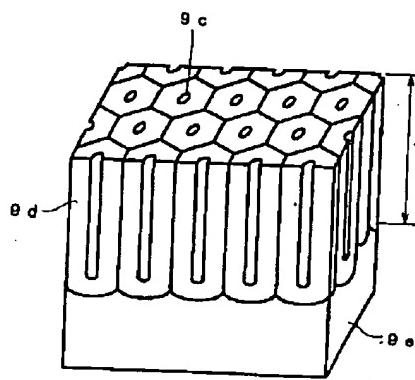
【図1】



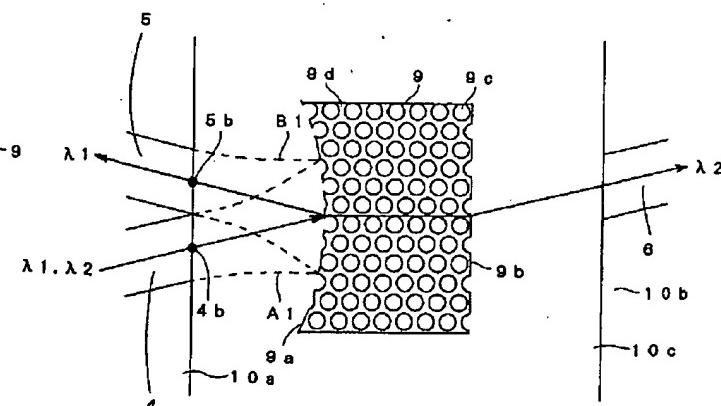
【図2】



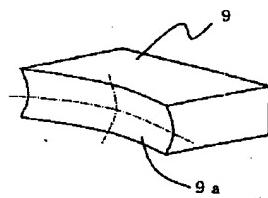
【図3】



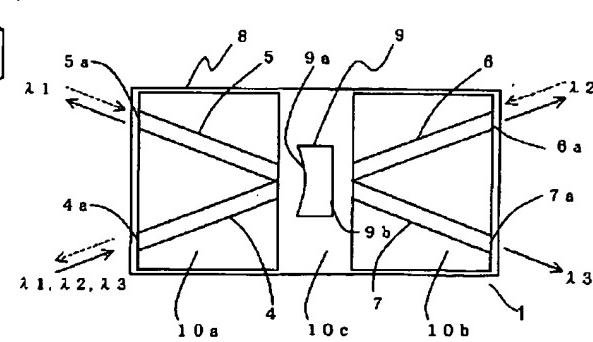
【図4】



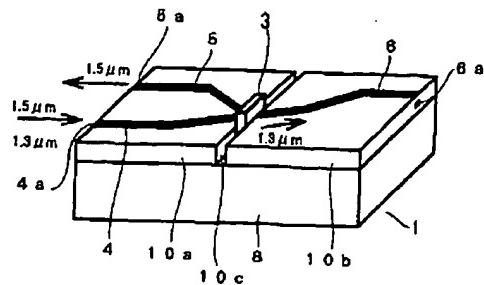
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 横山 光  
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 寺本 みゆき  
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内  
(72)発明者 関根 孝二郎  
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタ株式会社内  
F ターム(参考) 2H047 KB01 LA18 QA01 TA44